

## Equações de Biomassa para *Eucalyptus globulus* em Portugal: Uma Avaliação do Carbono Envolvido na Exploração Florestal

L. Fontes, M. Tomé, M. Baptista Coelho

UTL. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Tapada da Ajuda,  
1349-017 LISBOA

**Resumo.** A exploração florestal extrai das plantações de eucalipto um volume mercantil. Este volume é normalmente definido por um diâmetro de despona. Para uma gestão florestal sustentada no contexto das alterações climáticas é necessário não só avaliar o output das florestas em termos de volume mercantil mas também do carbono envolvido nesta operação. Embora os volumes mercantis de *Eucalyptus globulus*, envolvidos na exploração florestal em Portugal, terem já sido amplamente estudados, a informação sobre o carbono envolvido nesta operação é escassa. Nesse sentido desenvolveram-se equações para estimar a biomassa de *Eucalyptus globulus* em Portugal a partir das quais se pode obter a biomassa da madeira, casca, ramos e folhas com base num diâmetro de despona. Estas equações foram ajustadas recorrendo a um conjunto de dados que foi obtido pela amostragem destrutiva realizada em plantações de *Eucalyptus globulus* em Portugal. Usando estas estimativas de biomassa obtidas pelas equações desenvolvidas calculou-se a quantidade de carbono tomando como referência factores de conversão que foram obtidos pelo estudo da composição química dos diferentes componentes (madeira, casca, ramos e folhas). O sistema de equações desenvolvido permite analisar a quantidade de carbono envolvida na exploração florestal em função da escolha de diferentes diâmetros de despona.

**Palavras-chave:** biomassa, carbono, volume mercantil, *Eucalyptus globulus*

\*\*\*

### Introdução

O *Eucalyptus globulus* Labill. ocupa, no nosso país, cerca de 647 000 ha correspondendo aproximadamente a  $41.3 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de volume em pé e sendo a terceira espécie de árvore florestal em Portugal (TOMÉ *et al.*, 2007a). O principal uso das plantações de eucalipto são a produção de pasta de papel e a sua gestão é feita em rotações que geralmente se situam entre 10 e 12 anos. A exploração florestal do eucalipto incide sobre um volume mercantil que é definido tecnicamente em função de um diâmetro de despona, que no geral varia entre 5 e 10 cm. As equações de volume percentual são frequentemente usadas para estimar o volume mercantil (CAO *et al.*, 1980; JORDAN *et al.*, 2005; PARRESOL *et al.*, 1987; REED and GREEN, 1984; TESHOMÉ, 2005). O estudo do volume mercantil envolvido na exploração florestal do eucalipto em Portugal já foi efectuado em diversas ocasiões (TOMÉ and TOMÉ, 1994; TOMÉ *et al.*, 2001; TOMÉ *et al.*, 2007b). Também já foi efectuado um estudo em que se desenvolveu um sistema de equações compatíveis para estimar a biomassa do lenho, casca, folhas e ramos (ANTONIO *et al.*, 2007). Porém, apesar do interesse actual para estimar a biomassa envolvida na exploração florestal, não só por razões comerciais como seja a biomassa para produção de

energia, mas também para compreender de melhor o ciclo do carbono, existe falta de informação para fazer a sua quantificação. O paradigma de gestão florestal sustentada multifuncional requer o conhecimento não só do que é extraído em termos de volume mercantil mas também em termos do carbono envolvido nesta operação (CUBBAGE *et al.*, 2007).

Pelo exposto, o trabalho desenvolvido teve como objectivo o desenvolvimento de um sistema de equações de biomassa compatíveis que permita a estimação das componentes das árvores em termos de lenho, casca, folhas e ramos em função de um diâmetro de despona. Este trabalho tomou em linha de conta o trabalho efectuado por ANTONIO *et al.*, (2007) relativamente a biomassa das componentes da árvore. Estas equações são a base para estimar o carbono removido pela exploração florestal quando se consideram diferentes diâmetros de despona.

### Metodologia

Para estimar a quantidade de carbono extraída pela exploração florestal é necessário numa primeira fase conhecer qual a quantidade de biomassa envolvida nesta operação. Assim desenvolveu-se um conjunto de equações de biomassa para *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal através das quais a biomassa do lenho, casca, ramos e folhas pode ser estimada em função de um diâmetro de despona. Estas equações foram ajustadas a partir de um conjunto de dados em que existe informação sobre a biomassa do lenho, casca, folhas e ramos quantificada a diversas alturas da árvore, que foi obtido por análise destrutiva com origem em estudos de biomassa (FABIÃO, 1986). O conjunto de dados de biomassa utilizado por ANTONIO *et al.* (2007) foi também utilizado. Estes dados foram obtidos por análise destrutiva para plantações comerciais e ensaios de eucalipto cobrindo a área de distribuição da espécie em Portugal (ALVES, 1996; MADEIRA *et al.*, 2002; PEREIRA *et al.*, 1989; SOARES and TOME, 2000; TOME *et al.*, 1994). Estes dados incluem os valores totais das biomassas por componentes de árvore.

As equações de biomassa percentual foram desenvolvidas usando como base o conceito das equações de volume percentual. Assim, estas equações permitem estimar a proporção da biomassa total abaixo de um determinado diâmetro de despona ou altura mercantil. Foi adoptada a escolha de equações com base numa altura mercantil, uma vez que se sabendo o comprimento de cada toro a extrair na exploração florestal será facilmente quantificável o número de toros que será possível obter a partir de cada árvore.

A selecção de equações candidatas foi feita com base na equação desenvolvida para o volume por CAO e BURKHART (1980) e também formas adaptadas desta equação incluindo uma desenvolvida por REED e GREEN (1984). A selecção das equações candidatas foi feita estatisticamente para cada equação relativamente às componentes da árvore: lenho, casca, ramos e folhas. Após a selecção da equação candidata de biomassa percentual foi feito um ajustamento individual de cada equação por componente de árvore e em seguida fez-se um ajustamento simultâneo para todas as componentes. Uma vez que já existia um sistema de equações de biomassa total por componente de para o eucalipto (ANTONIO *et al.*, 2007) estas equações foram novamente consideradas no processo de ajustamento.

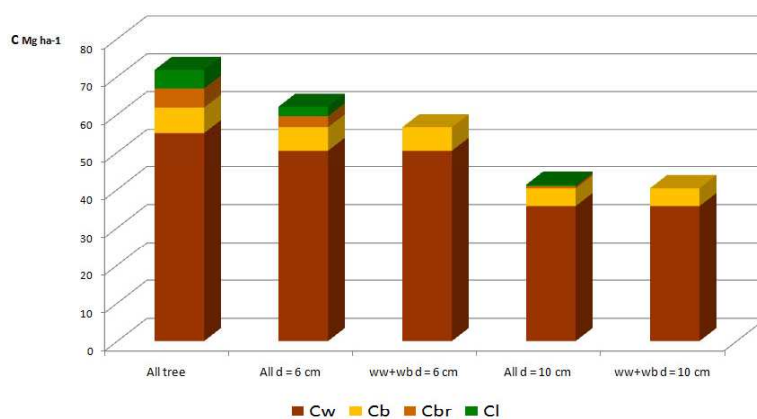
A estimativa da quantidade de carbono extraída na exploração florestal foi baseada na biomassa estimada nesta operação usando o sistema de equações de biomassa percentual anteriormente desenvolvido. O cálculo do carbono contido na biomassa das componentes da

árvore consideradas (lenho, casca, ramos e folhas) foi feito com base em factores de conversão existentes para esta espécie determinados através do estudo químico das diversas componentes.

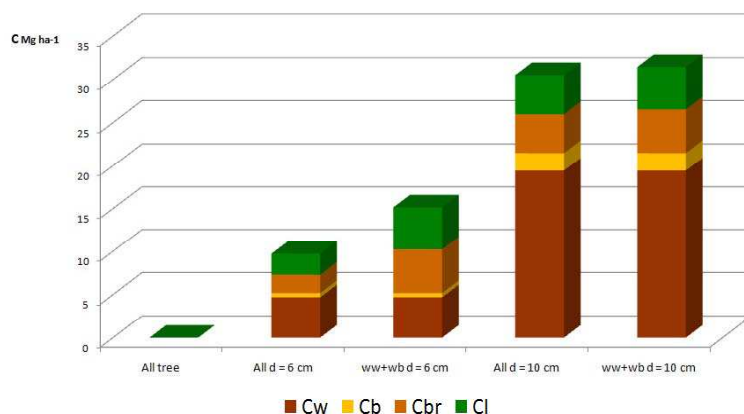
## Resultados

Para exemplificar a utilidade do sistema de equações ajustado escolheu-se uma parcela permanente de eucalipto que corresponde a uma parcela média numa das principais zonas de eucalipto em Portugal. As biomassas do lenho, casca, ramos e folhas foram estimados para esta parcela considerando os seus valores totais e os valores até 6 cm e 10 cm de diâmetro de despona. Baseado nas estimativas das biomassas a quantidade de carbono foi estimada para o lenho (Cw), casca (Cb), ramos (Cbr) e folhas (Cl).

As figuras 1 e 2 apresentam a quantidade de carbono que é extraída e que fica na estação, respectivamente, em função de diversas intensidades de exploração florestal: remoção de toda a biomassa aérea (All tree); remoção de toda a biomassa aérea até 6 cm de despona (All d = 6 cm); remoção das biomassas de lenho e casca até 6 cm de despona (ww+wb d = 6 cm); remoção de toda a biomassa aérea até 10 cm de despona (All d = 10 cm); remoção das biomassas de lenho e casca até 10 cm de despona (ww+wb d = 10 cm);



**Figura 1** - Estimativa do carbono da parte aérea extraído da estação na exploração florestal para 6 cm e 10 cm de diâmetro de despona e a totalidade da árvore



**Figura 2** - Estimativa do carbono da parte aérea que fica na estação depois da exploração florestal para 6 cm e 10 cm de diâmetro de despona e a totalidade da árvore

## Conclusões

Os resultados preliminares da investigação desenvolvida até ao momento demonstram:

- (i) A capacidade de determinar um sistema de equações de biomassa percentual que permite a estimativa da biomassa das componentes da árvore extraídas na exploração florestal.
- (ii) O desenvolvimento de uma forma prática para avaliar a quantidade de carbono extraída na exploração florestal.

## Agradecimentos

A investigação desenvolvida neste trabalho foi apoiada pelo Programa Operacional Ciência e Inovação 2010 (POCI 2010) e Programa Operacional Sociedade do Conhecimento através do financiamento PTDC/AGR-CFL/69733/2006.

## Bibliografia

- ALVES, G.N.F.R., 1996. Estimação de biomassa total e de madeira em eucaliptais jovens de segunda rotação. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia - Departamento de Engenharia Florestal.
- ANTONIO, N., TOME, M., TOME, J., SOARES, P., FONTES, L., 2007. Effect of tree, stand, and site variables on the allometry of *Eucalyptus globulus* tree biomass. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere* **37**(5): 895-906.
- CAO, Q.V., BURKHART, H.E., 1980. Cubic-foot volume of loblollypine to any height limit. *South. J. Appl. For.* **4**: 166-168.
- CAO, Q.V., BURKHART, H.E., MAX, T.A., 1980. Evaluation of 2 Methods for Cubic-Volume Prediction of Loblolly-Pine to Any Merchantable Limit. *Forest Science* **26**(1): 71-80.
- CUBBAGE, F., HAROU, P., SILLS, E., 2007. Policy instruments to enhance multi-functional forest management. *Forest Policy and Economics* **9**(7): 833-851.
- FABIÃO, A.M.D., 1986. Contribuição para o estudo da dinâmica da biomassa e da produtividade primária líquida em eucaliptais. Região litoral do centro de Portugal. In Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- JORDAN, L., BERENHAUT, K., SOUTER, R., DANIELS, R.F., 2005. Parsimonious and completely compatible taper, total, and merchantable volume models. *Forest Science* **51**(6): 578-584.
- MADEIRA, M., FABIAO, A., PEREIRA, J., ARAUJO, M., RIBEIRO, C., 2002. Changes in carbon stocks in *Eucalyptus globulus* Labill. plantations induced by different water and nutrient availability. *Forest Ecology and Management* **171**(1-2): 75-85.
- PARRESOL, B.R., HOTVEDT, J.E., CAO, Q.V., 1987. A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere* **17**(3): 250-259.
- PEREIRA, J.S., LINDER, S., ARAUJO, M.C., PEREIRA, H., ERICSSON, T., BORRALHO, N., LEAL, L.C., LANDSBERG, J.J., 1989. Optimization of biomass production in *Eucalyptus globulus* plantations - a case study. In Biomass production by fast growing trees. Proceedings of a NATO Advanced Research Workshop. 1989, 101 121; NATO ASI Series. Series E, Applied Sciences 166; 31 ref. Kluwer Academic Publishers; Dordrecht; Netherlands.

- REED, D.D., GREEN, E.J., 1984. Compatible Stem Taper and Volume Ratio Equations. *Forest Science* **30**(4): 977-990.
- SOARES, P., TOME, M., 2000. Adequacy of different experimental designs for eucalypt spacing trials in Portuguese environmental conditions. In *Integrated Tools of Natural Resources Inventories in the 21<sup>st</sup> Century*. Edited by M. Hansen, and T. Burk. USDA For. Serv. Gren. Tech. Rep., Idaho.
- TESHOME, T., 2005. A ratio method for predicting stem merchantable volume and associated taper equations for *Cupressus lusitanica*, Ethiopia. *Forest Ecology and Management* **204**(2-3): 171-179.
- TOMÉ, J., TOMÉ, M., 1994. Individual tree volume and taper estimation for *Eucalyptus globulus*. In *Eucalyptus for Biomass Production*. Edited by J.S. PEREIRA, AND H. PEREIRA. Commission of the European Communities (CEC)
- TOMÉ, M., BARREIRO, S., CORTIÇADA, A., PAULO, J.A., MEYER, A., RAMOS, T., 2007a. Inventário florestal 2005-2006. Áreas, volumes e biomassas dos povoamentos florestais. Resultados Nacionais e por NUT's II e III. Publicações GIMREF - RT 5/2007. Centro de Estudos Florestais - Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa. Relatório.
- TOMÉ, M., RIBEIRO, F., FAIAS, S.P., 2001. Equações para a estimação de volumes totais e mercantis da árvore para o *Eucalyptus globulus* em Portugal. Relatórios técnico-científicos do GIMREF nº 4/2001. Centro de Estudos Florestais - Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa. Relatório.
- TOMÉ, M., TOMÉ, J., RIBEIRO, F., FAIAS, S.P., 2007b. Equação de Volume Total, Volume Percentual e de Perfil do Tronco para *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal. *Silva Lusitana* **15**(1): 25-39.
- TOME, M., TOME, J.A., ARAUJO, M.C., PEREIRA, J.S., 1994. Intraspecific Competition in Irrigated and Fertilized Eucalypt Plantations. *Forest Ecology and management* **69**(1-3): 211-218.